

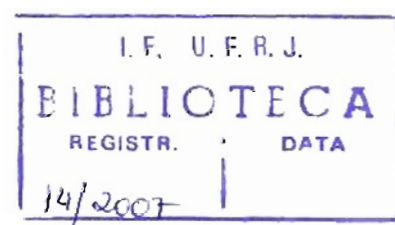
*Sumário*  
11/12/07 - 14h.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
Curso de Licenciatura em Física

## **A TERMOLOGIA EM CURSOS TÉCNICOS DE MECÂNICA NOS PROCESSOS DE FUNDIÇÃO**

Eduardo de Almeida

Rio de Janeiro  
2007



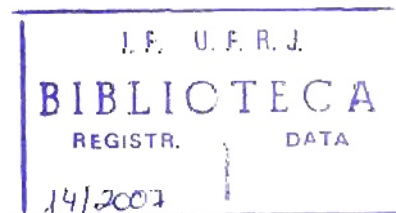
Eduardo de Almeida

# **A TERMOLOGIA EM CURSOS TÉCNICOS DE MECÂNICA NOS PROCESSOS DE FUNDIÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de  
Licenciatura em Física da Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, como requisito  
parcial.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Susana de Souza Barros

Rio de Janeiro  
2007



## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo geral estabelecer relações entre a Física e a sua inserção no ensino técnico de Mecânica no que diz respeito a processos de fundição. Dessa forma, busca-se estabelecer as conexões necessárias entre a disciplina Produção Mecânica do ensino profissional e a Física pertinente.

Entende-se que a partir da LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação-9394/1996), o ensino profissional passou a ser ministrado concomitante ao ensino médio, ou como complementação em um curso pós-médio com duração de um ano ou mais. Isso representa para o aluno a possibilidade de ter uma profissão antes de ingressar em uma universidade.

Num levantamento feito em estabelecimentos de ensino técnico, o CEFET-RJ (Centro Federal de Educação Tecnológica) e a Escola Técnica Estadual Juscelino Kubitschek, verificou-se que existem dois modos de ensino: o regular, que tem a parte técnica profissional inserida na carga horária do aluno, e, o pós-médio, aquele em que há somente a parte profissional, já que o aluno concluiu o ensino regular. Examinando-se o material do ensino das disciplinas técnicas dessas instituições, foi possível perceber a despreocupação em integrar a Física com o conteúdo ensinado nas disciplinas técnicas de Mecânica. As apostilas e livros utilizados na disciplina pertinente - Produção Mecânica - só fornecem informações a respeito das operações, como tornear, soldar, fundir, sem o objetivo de interligar os processos mecânicos e os respectivos conceitos físicos.

Como complemento para atingir o objetivo geral do trabalho, desenvolveu-se um material voltado ao ensino de processos de fundição de metais, que estabelece suas características, processos e o conteúdo da Física a ser tratada no decorrer do ensino. Este trabalho poderá, ainda, possibilitar um maior suporte da disciplina aos alunos do ensino pós - médio, que podem ter dificuldades em identificar os conceitos físicos dentro da fundição.

“Toda pessoa -- criança, adolescente ou adulto -- deve poder beneficiar-se de uma formação concebida para responder as suas necessidades educativas fundamentais. Estas necessidades dizem respeito tanto aos instrumentos essenciais de aprendizagem (leitura, escrita, expressão oral, cálculo, resolução de problemas), como aos conteúdos educativos fundamentais (conhecimentos, aptidões, valores e atitudes) de que o ser humano tem necessidade para sobreviver, desenvolver todas as suas faculdades, viver e trabalhar com dignidade, participar plenamente no desenvolvimento, melhorar a qualidade de sua existência, tomar decisões esclarecidas e continuar a aprender” (art. 1<sup>o</sup>-I, Declaração Mundial sobre Educação para Todos e Quadro de Ação para Responder às Necessidades Educativas Fundamentais).

(Delors *apud* Brito, p.372, 2005)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
1.1 PROBLEMÁTICA.....	6
1.2 OBJETIVOS.....	7
1.3 METODOLOGIA.....	8
<b>2 OS PCN'S E O NOVO ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>9</b>
<b>3 TERMOLOGIA NOS PROCESSOS DE FUNDIÇÃO.....</b>	<b>13</b>
3.1 TEMA ESTRUTURADOR.....	14
3.2 INTERLIGAÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA E PROCESSOS DE FUNDIÇÃO.....	15
<b>4 PROCESSOS DE FUNDIÇÃO.....</b>	<b>37</b>
4.1 HISTÓRIA DA FUNDIÇÃO.....	38
4.2 PROCESSO DE SHELL MOLDING.....	38
4.3 A FUSÃO DE METAIS.....	41
4.4 APLICAÇÕES DOS CONCEITOS E EXEMPLOS.....	47
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 PROBLEMÁTICA

O ensino de Física desenvolvido em grande parte das escolas é baseado em aplicação de fórmulas e resolução de problemas, que pouco leva em consideração as necessidades atuais do ensino. Pode-se citar como exemplo das novas atribuições do ensino o preparo dos estudantes para a vida, fornecendo-lhe capacidade de, futuramente, adaptar-se a uma nova realidade.

O ensino de Física deve levar ao aluno um conteúdo que desperte seu interesse pela disciplina com um material atraente. No entanto, é perceptível o fato dessa forma de apresentação não fazer parte da realidade do processo educacional de muitos discentes.

Apesar da tentativa de direcionar o ensino de Física para um novo caminho, o que pode ser verificado por meio de propostas voltadas para o ensino em geral e para a disciplina, entre as quais a LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996) e os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), observa-se baixo desempenho dos alunos, como podemos atestar através dos resultados dos vestibulares e do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio).

O PCN, procurou desenvolver propostas curriculares voltadas para a realidade do aluno, incluindo as características encontradas em cada região do país, a realidade dos alunos, com o objetivo de criar conteúdos contextualizados.

No caso particular do ensino profissional, nos cursos técnicos de Mecânica, nota-se que o aluno dá maior ênfase ao aprendizado de matérias de conteúdo profissional, em detrimento de teoria básica que daria suporte ao seu aprendizado. Apesar das disciplinas de um curso técnico em Mecânica estarem diretamente ligadas à Física, nem sempre esse fato fica evidente ao aluno.

Como exemplo, a construção de uma engrenagem, envolve no seu processo de confecção bem como em seu funcionamento, diversos tópicos teóricos de Física (Mecânica, Terminologia), porém nem sempre é feita essa inter-relação. Poderia tratar da transmissão do movimento, velocidade angular, atrito entre as partes de contato, dentre outros tópicos.

O material didático utilizado na disciplina de Produção Mecânica na Escola Técnica Estadual Juscelino Kubitschek é extremamente técnico e desvinculado da aplicação dos

conceitos físicos, fazendo uso de tópicos de Física sem mencioná-los. O currículo (anexo I) da disciplina Produção Mecânica é ministrado durante todo o curso, em três anos.

O material utilizado para o ensino da Física também não leva em consideração o cotidiano de trabalho do aluno, podendo-se citar o exemplo da propagação de calor, que deveria ser relacionado com a construção de fornos de fundição ou até o próprio forno caseiro.

## 1.2 OBJETIVOS

No exposto anteriormente, temos como problema a falta de vínculo entre as disciplinas técnicas e a Física estudada no ensino médio profissionalizante de Mecânica.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo geral estabelecer relações entre a Física e a sua inserção no ensino técnico de Mecânica no que diz respeito a processos de fundição. Para que esta inter-relação se torne uma realidade, faz-se necessário aperfeiçoar o ensino de Física, para fazer com que o aluno adquira uma gama maior de conhecimentos gerais dos fenômenos que ocorrem ao seu redor, e ainda, deve-se tornar o processo de aprendizagem da Física mais interessante, para gerar no discente uma visão ampla da relevância e necessidade de aprender a disciplina.

Deve também desenvolver um conteúdo mínimo em alunos que são oriundos de um ensino médio sem a disciplina Física, tendo como exemplo alunos do curso de Formação de Professores, ou que tenha sido abordada de forma insuficiente, dando embasamento da matéria a esses discentes que terão como objetivo o seu pós-médio.

Para que este objetivo seja alcançado é preciso que o discente compreenda os conceitos e as aplicações da disciplina de uma maneira mais ampla. Para tanto, é necessário buscar interações da Física e o cotidiano profissional dos alunos, relacionando-a com o conteúdo técnico a ser aprendido. No decorrer do trabalho é apresentado material didático, pretendendo estabelecer essa visão mais ampliada através das relações existentes entre a Física e a Fundição de metais e os processos envolvidos.

### 1.3 METODOLOGIA

O trabalho aqui exposto busca relacionar e apresentar conceitos de física e sua interligação aos processos de fundição. Quanto aos meios, utilizou-se a consulta bibliográfica em livros, na rede mundial e em revistas especializadas para a formação de uma base conceitual. Foi possível a realização do trabalho em face da experiência própria adquirida em vários anos de trabalho na área de metalurgia.

Escolheu-se a Termologia para o desenvolvimento do trabalho, fazendo uso da comparação entre o que se ensina em livros técnicos e nos livros didáticos de Física. Os livros utilizados no ensino técnico são os mesmos utilizados em ensino médio regular não técnico. Pode-se afirmar que esses livros não associam o conteúdo teórico e as novas necessidades do aluno de ensino técnico. O material voltado ao ensino profissionalizante, por sua vez, não faz menção da Física que envolve determinado processo. É estritamente voltado para a prática com uma aplicação descomprometida com a Física existente.

Propõe-se então, uma forma de relacionar os conceitos teóricos da Física aos da Produção Mecânica (Fundição) criando um elo entre as disciplinas.

Descreveremos o desenvolvimento teórico de um tema ligado a Termologia e sua aplicação prática em processos industriais voltados para fundição de metais.

A relação entre as disciplinas de Produção Mecânica e a Física ocorrerá de maneira gradual a cada tópico desenvolvido, assim no tema Transmissão de Calor, teremos a teoria com seus conceitos e sua devida aplicação no ensino técnico.

Essa interligação entre as disciplinas vai de encontro com a contextualização sugerida pelos documentos pertinentes (LDB e PCN), atendendo necessidades básicas de conhecimento teórico associado a aplicação prática.



## 2 OS PCN'S E O NOVO ENSINO MÉDIO

A reforma do ensino médio no Brasil que teve início em 1996 com a nova LDB procurou atender as necessidades dos alunos brasileiros, dando ênfase ao desenvolvimento do aluno de forma mais abrangente:

O novo ensino médio, nos termos da lei, de sua regulamentação e encaminhamento, deixa de ser, portanto, simplesmente, preparatório para o ensino superior ou estritamente profissionalizante, para assumir necessariamente a responsabilidade de completar a educação básica. Em qualquer de suas modalidades, isso significa preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho. (PCN, 2002, p. 6).

Dessa forma o Artigo 35 da LDB/96, prevê como uma das finalidades do ensino médio a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos:

*Art.35: O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:*

*I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;*

*II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;*

*III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;*

*IV – A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.*

A proposta do novo ensino médio é preparar os alunos para o mundo, de forma a propiciar um conjunto maior de conhecimentos que abrange diversas áreas, principalmente nos ramos de ciências e tecnologias. Os alunos devem, portanto, ter uma formação que permita continuar aprendendo, ao longo de sua vida, tendo em vista o desenvolvimento científico e tecnológico.

Atualmente, a preparação para a vida e para o trabalho em um mundo que sofre transformações a todo instante, significa poder se informar, compreender, comunicar e agir frente a problemas e a posicionar-se sugerindo soluções para os mesmos.

Verifica-se, na verdade, a necessidade de uma educação que alfabetiza os alunos cientificamente e é necessária para que as pessoas tenham capacidade de acompanharem o desenvolvimento tecnológico, bem como a modernização dos parques industriais, pois cada vez mais as empresas procuram mão-de-obra qualificada, não mais sob a forma de simples técnicos e operadores de máquinas, mas como seres capazes de se adaptarem rapidamente aos avanços tecnológicos.

O objetivo maior da educação em Ciências para os anos futuros é o desenvolvimento de indivíduos cientificamente alfabetizados que compreendam como Ciência, Tecnologia e sociedade se influenciam mutuamente e que sejam capazes de utilizar esses conhecimentos nas suas decisões do dia-a-dia. Estes compreenderão tanto o valor da Ciência e da tecnologia na Sociedade assim como saberão avaliar suas limitações. (PCN, 2002, p. 8)

No sentido de desenvolver um ensino que seja compatível com os objetivos educacionais, as disciplinas deveriam apresentar um conjunto de conhecimentos, chamados de temas estruturadores, que não são atribuídos mais como responsabilidade de uma única disciplina, mas de várias disciplinas da área. Da mesma forma, como temos modificações do conteúdo a favor de uma maior abrangência, há também implicação na modificação dos procedimentos e métodos educacionais.

Com o objetivo de fornecer ao professor, diretrizes para seu trabalho foram desenvolvidos parâmetros curriculares para o ensino de ciências (PCN+, 2001). Nesse material o princípio estruturador é a contextualização. O que se sugere nesse documento é o desenvolvimento de *“conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondem a uma cultura geral e a uma visão de mundo”* (PCN, 1999, p.207).

Os PCN's orientam, portanto, para a necessidade de uma nova atitude da escola e do professor em relação aos alunos. Cabe ao professor procurar desenvolver temas de sua área de atuação mostrando aos alunos o desenvolvimento da disciplina estudada e sua relação com outras matérias e com o mundo que os cerca, pois a Física como ciência isolada não desperta interesse para os alunos no ensino médio. É comum a pergunta dos alunos: por que estou aprendendo isso?

Para que essa pergunta não seja feita, o professor, por exemplo, ao ensinar o tema Mudança de Estado Físico da Matéria poderia fazer uma ligação com a necessidade de obter novas formas dos materiais através da fundição de metais. Outro exemplo seria, ao ensinar o movimento circular em uma classe de uma escola profissionalizante, o mesmo poderia

demonstrar, de forma prática, suas aplicações ao movimento dos eixos de máquinas, transmissão de movimentos através de polias e engrenagens. Utilizando esses exemplos e mostrando aplicações práticas do que é ensinado, haveria contextualização do que foi ensinado.

Portanto, temos que discutir com os alunos conceitos relacionados à disciplina, procurando demonstrar sua importância e relevância para entendimento do mundo e das coisas que nos cercam. Essa contextualização pode ser associada à busca de significado para o conhecimento escolar. Para as Diretrizes Curriculares há uma distância a ser superada entre os conteúdos disciplinares e a experiência dos alunos.

De acordo com os PCN's, a aprendizagem significativa pressupõe a existência de um referencial que permita aos alunos identificar e se identificar com as questões propostas.

Ainda segundo os PCN's *“...se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade”* (PCN, 1999, p.91).

Assim os PCN's estabelecem uma orientação para que se insira no ensino, temas que levem os alunos a adquirirem conhecimentos que correspondam às necessidades da vida contemporânea e uma cultura geral, deixando como lastro a capacidade de atualização e adaptação ao meio.

Os PCN's apresentam quadros de competências, articuladas em três grandes grupos, *representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sócio-cultural*, com o objetivo de superar as práticas tradicionais, que tratam a física desarticulada do mundo vivido pelo aluno e professor, enfatizando predominantemente a memorização e a automatização de resolução de exercícios. Ao contrário, busca-se uma física que contribua para a constituição de uma cultura científica nos alunos, para que compreendam a dinâmica relação do homem com seu meio.

As competências e habilidades sugeridas para a disciplina da física estão inseridas dentro da disciplina, embora apareçam algumas competências e/ou habilidades que prevêem relação com outras áreas. Uma das competências propostas ilustra adequadamente o que se pretende com o trabalho: *“compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o como funciona dos aparelhos...”* (PCN, 1999, p.237).

A tecnologia está muito presente no rol de competências, especialmente nas que se referem à contextualização sócio-cultural. Uma delas exemplifica a ampliação dos objetivos educacionais para além dos conteúdos disciplinares: *"ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes"* (Idem). Somente os conteúdos de física por si mesmos não habilitam o aluno a essa competência.

Os PCNs+ constituem considerável avanço na proposição de subsídios aos professores para a implementação da reforma no nível médio e se apresentam com o objetivo geral de:

... facilitar a organização do trabalho da escola, em termos dessa área de conhecimento. Para isso, explicita a articulação das competências gerais que se deseja promover com os conhecimentos disciplinares e apresenta um conjunto de sugestões de práticas educativas e de organização dos currículos que, coerentemente com tal articulação, estabelece temas estruturadores do ensino disciplinar na área. (PCN+, 2002, p.7).

O capítulo seguinte, apresenta aplicação do tópico termologia para a fundição de metais. Os conceitos sobre termologia serão explorados buscando uma aproximação com a vida profissional do aluno. Estabelecer-se-ão conexões entre o que é aprendido teoricamente e o que poderia ser utilizado profissionalmente.

### 3 TERMOLOGIA NOS PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

A educação profissional no Brasil obteve grande desenvolvimento após a criação do Senai (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), que veio juntamente com as escolas técnicas, possibilitar aos jovens que concluem o ensino médio uma inserção na vida profissional. Diferentemente das escolas profissionalizantes de nível técnico, o Senai não oferece um ensino médio paralelo ao técnico. Os estudantes, geralmente, estudam em escolas de ensino regulares e fazem o curso em outro turno de forma desvinculada uma da outra.

Já a escola técnica conhecida e tradicional seja federal, estadual ou particular, oferece o curso técnico paralelamente ao ensino das disciplinas normais e em um único turno. Pode ainda oferecer o curso pós-médio, em que alunos que já concluíram o ensino médio estudam a parte técnica obtendo uma profissão ao término do curso. O pós-médio é uma alternativa para os estudantes que queiram se inserir no mundo do trabalho, com qualificação, embora não tenham concluído o ensino superior.

A LDB, no capítulo III diz que na questão da educação profissional, a orientação de que essa modalidade de ensino deve ser integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, e também, conduzir ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva. Esse tipo de educação, deve ser desenvolvida e articulada com o ensino regular, ou por diferentes estratégias de educação continuada, em instituições especializadas e até no ambiente de trabalho.

Por outro lado, a Física, no ensino médio profissional, ainda se apresenta desvinculada do que é aprendido dentro das oficinas e matérias técnicas, indo na direção contrária às diretrizes educacionais vigentes. Observa-se que o próprio material didático envolvido em todo esse processo educacional, como livros e apostilas técnicas, não é apropriado a um ensino contextualizado.

Com o propósito de priorizar a contextualização que é solicitada nos PCN's, e, indo em direção às novas diretrizes educacionais defendidas, pode-se sugerir que o material utilizado em cursos técnicos de Mecânica tenha uma integração entre a Física ensinada e a aplicação prática em máquinas e processos industriais.

Deve-se atentar para o fato de a Revolução Industrial ocorrida em fins do século XVIII, teve como base teórica a Física e sua aplicação no desenvolvimento das Máquinas Térmicas. Portanto, as idéias apresentadas neste trabalho não são novas, apenas percebe-se

que na atualidade não há aplicação do que é ensinado em sala de aula e o que ocorre nas oficinas, ou ao menos, não se estabelece ligação adequada.

Portanto, sugere-se a integração entre a Termologia e os processos de fundição de metais. Procura-se estabelecer relações entre as disciplinas de Física e Fundição, que devem ser desenvolvidas em um curso técnico em Mecânica.

A estratégia de ensino é baseada na construção de um conhecimento pelo aluno e não apenas transmitido pelo professor. Há uma busca para tornar o estudante um ser ativo no processo. Para isso, o olhar do educador deve se dirigir para as potencialidades e as dificuldades dos estudantes em suas interações com os conteúdos. Pode-se perceber que a construção do conhecimento aponta para quatro pontos essenciais (GUÉRIN, 2001, p.128) :

- 1- O respeito pelo aprendiz e por suas idéias próprias;
- 2- O entendimento da ciência enquanto criação humana;
- 3- Orientação para o ensino no sentido de capitalizar o que os estudantes já sabem e dirigir-se às suas dificuldades em compreender os conceitos científicos em função de sua visão de mundo.
- 4- Orientação para o ensino no sentido de capitalizar o que os estudantes já sabem e dirigir-se às suas dificuldades em compreender os conceitos científicos em função de sua visão de mundo;

Deve-se considerar que construir o conhecimento é a idéia de que nada a rigor está pronto e de que especificamente, o conhecimento não é dado em nenhuma instância como algo terminado.

### 3.1 TEMA ESTRUTURADOR

A escolha do tema estruturador Calor e a aplicação dos conceitos em fundição de metais, para desenvolvimento do material, deve-se ao fato de ser um tópico altamente rico em conceitos físicos aplicáveis ao cotidiano de um curso técnico em Mecânica

Os PCN's dividem a Física em temas estruturadores, sendo que os fenômenos térmicos constituem um tema estruturador. Incluem-se neste tema: Calor, Ambiente e Usos de Energia. Este tema é dividido em unidades da seguinte forma:

- Fontes e trocas de calor;
- Tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores;
- O calor na vida e no ambiente;

-Energia: produção para uso social;

A partir das unidades descritas acima procura-se desenvolver capacidades nos alunos, de forma que, ao final do estudo de cada unidade, eles sejam capazes de identificar as diversas fontes de energia térmica, transformações de diversas formas de energia em energia térmica, seus usos e aplicações na atualidade, principalmente no ambiente de trabalho.

O material elaborado por meio de investigação teórica com livros didáticos e técnicos e observação prática, foi desenvolvido com o intuito de deixar ensino de Física mais abrangente, dentro de um curso técnico. O mesmo abordará o tema estruturador acima descrito e suas unidades. A ligação necessária entre a prática e o conteúdo teórico também será proposta.

### 3.2 INTERLIGAÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA E PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

Conforme já mencionado, o objetivo geral deste trabalho é estabelecer relações entre o que é ensinado em sala de aula e o que o aluno vai encontrar no laboratório prático do seu curso técnico e futuramente em seu ambiente de trabalho. A seguir será exemplificado o que poderia ser a interação entre a prática profissional cotidiana e a Física envolvida. Para isso foi utilizado material de apoio teórico, como livros e revistas especializadas, bem como conhecimentos práticos adquiridos pelo autor na área.

Na primeira parte, foram desenvolvidos conceitos do tópico abordado, com o propósito de dar embasamento conceitual e aplicações na metalurgia. Assim, quando houver contato do aluno com a disciplina técnica, este saberá reconhecer e aplicar os conceitos adquiridos previamente.

Em estudo particular de um processo fundição, busca-se estabelecer relações entre o que fora desenvolvido na teoria da Física e o processo descrito.

## Calor

Até o início do século passado, os cientistas explicavam o fato de corpos de diferentes temperaturas ao serem colocados em contato atingiam a mesma temperatura, pelo fato de que todos os corpos continham, em seu interior, uma substância na forma de um fluido, invisível, sem peso, que era denominada de calórico. Este fluido ia do corpo com maior temperatura para o de menor temperatura. Quando os corpos atingiam a mesma temperatura esse fluxo era, então, interrompido e eles permaneciam em equilíbrio térmico.

Apesar dessa teoria explicar alguns fenômenos, alguns cientistas substituíram a idéia do calórico, por uma concepção mais adequada, na qual calor é uma forma de energia.

A idéia de que calor é uma forma de energia foi proposta por Rumford<sup>1</sup>, a partir do fato observado: peças de canhão ao serem perfuradas aquecem.

Temos como definição de calor, segundo Alvarenga (2000, p.117): *calor é a energia transferida de um corpo para outro, em razão de uma diferença de temperatura entre eles.*

A Figura 1 mostra que o corpo A (mais quente) transfere calor ao corpo B (mais frio), pois a temperatura  $T_A$  do corpo A é maior que a temperatura  $T_B$  do corpo B.

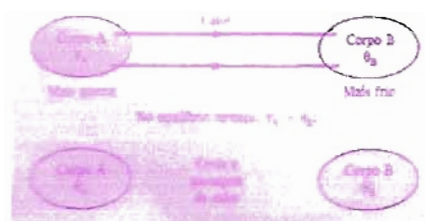


Figura 1. Transferência de Calor (Fuke *et al.*, 1996)

A grandeza utilizada na medida da energia térmica, transferida do corpo A para o corpo B, denomina-se quantidade de calor (Q), conforme mostra a Figura 2.

<sup>1</sup> Rumford (1753-1814)- Engenheiro americano, exilado na Inglaterra. Iniciou estudos que o levaram a questionar a teoria do calórico, lançando as bases da moderna teoria do calor como fonte de energia.





Figura 2. Energia Térmica (Alvarenga, 2000)

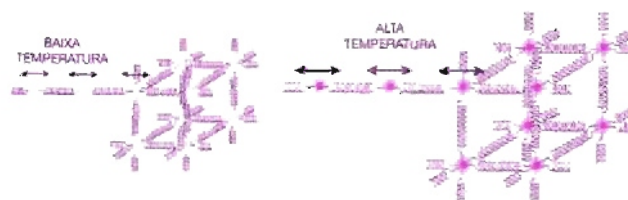


Figura 3. Vibração dos átomos de um material (Alvarenga, 2000)

### Aplicação

Na indústria metalúrgica, pode-se observar essa transferência de energia em quase todos os processos internos. Ao se torneirar uma peça há transferência de energia entre a peça e a ferramenta de corte em atrito, pode-se ainda, observar o aquecimento dos lingotes nos fornos de fundição através da chama proveniente da queima de óleo (diesel) ou óleo bruto), nesse momento tem-se a transformação da energia química em calor e este é transferido do corpo que recebe a energia da chama (cadinho) para os lingotes.

Sabendo que calor é uma forma de energia, este tem como unidade no Sistema Internacional (S.I.), o *joule* (J), usa-se também a unidade caloria (cal).

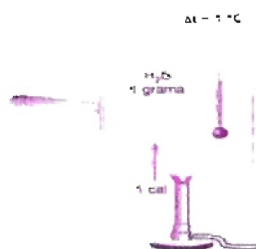


Fig. 12-2: 1 caloria é a quantidade de calor necessária para elevar de 1 °C a temperatura de 1 g de água.

Figura 4. Fornecimento de calor (Alvarenga, 2000)

## Temperatura

Por meio do contato de nossas mãos com objetos, é possível perceber qual é o mais frio e qual é o mais quente, temos uma noção de diferença de temperatura dos corpos.

A temperatura de um corpo está relacionada diretamente a agitação de suas moléculas, quanto maior o nível de agitação maior será sua temperatura. Assim temos como definição para temperatura: é a medida de maior ou menor agitação das moléculas de um corpo.

Denominamos de termômetro, os aparelhos que medem temperaturas dos corpos. Os termômetros são construídos com materiais que são sensíveis a variações de temperaturas, se dilatam ou variam sua cor ao serem aquecidos.

### Aplicação:

Podemos comparar dois instrumentos para medir temperatura, usualmente em nossas residências usamos o termômetro, que utiliza como propriedade termométrica a dilatação de líquidos. Estabelece uma relação de temperatura e a altura da coluna do líquido utilizado.

Em fornos industriais, que alcançam grandes temperaturas geralmente, utilizamos um aparelho chamado de pirômetro, que pode ser ótico ou a laser.

Em fundições que não possuem um aparelho para medir a temperatura do fundente, utiliza-se uma propriedade ótica: todo material quando é aquecido emite radiação na forma de luz e a cor do material depende da temperatura que esteja, não importando qual o material esteja sendo aquecido. Quanto mais branco e brilhante for um objeto, aquecido, mais quente ele está. Esta é a forma mais simples de aplicação da termometria de radiação, embora simples, a distinção da temperatura com base nas cores pode ser bastante exata, podendo-se estimar a temperatura com margem de até 50°C de erro.

Tabela1- Relação entre cor e temperatura

TEMPERATURA °C	COR
500	Vermelho
700	Vermelho forte
900	Cereja
1100	Vermelho alaranjado
1300	Amarelo alaranjado
1500	Branco
1700	Branco ofuscante

Fonte: Infratemp (2006)

## Pirômetros

Conforme dito anteriormente, a vista humana não consegue avaliar precisamente valores absolutos de temperaturas, e para obter valores mais precisos é necessário o uso de aparelhos específicos para medir altas temperaturas, os pirômetros.

### Pirômetro Ótico

A primeira patente de que se tem notícia é de 1899, tendo início a produção comercial em 1917. Baseia-se na comparação da cor do filamento de uma lâmpada e a cor do material.

O funcionamento é simples: a corrente elétrica que passa pelo filamento da lâmpada é regulada até que sua cor fique igual à da radiação. O amperímetro vem graduado com uma escala de temperatura, permitindo uma medição direta.

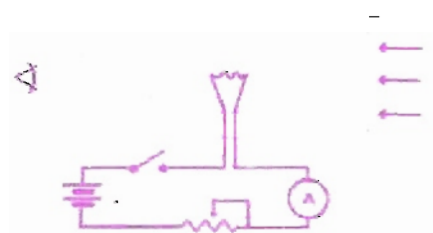


Figura 5. Pirômetro Ótico (Infratemp,2006)

## Equilíbrio térmico

Se dois corpos A e B, com temperaturas  $T_A$  e  $T_B$ , iguais estão em contato térmico, diz-se que estão em equilíbrio térmico.

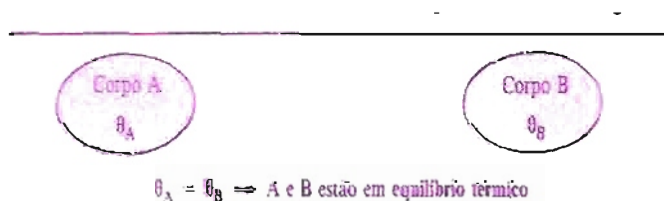


Figura 6. Equilíbrio Térmico( Fuke *et al*,1996)

Pode-se perceber, por meio da medida da temperatura a diferença de temperatura entre dois corpos. Estabelecendo qual está mais quente e qual é o mais frio. Supondo tratar-se de água ao natural e gelo, fica evidente a diferença de temperatura entre os dois materiais. Ao misturarmos gelo e água verificamos após algum tempo que a temperatura se iguala, pode-se dizer que as temperaturas estão em equilíbrio. Os materiais atingiram um estado de equilíbrio térmico.

Em processos de fundição, ao alimentarmos o forno com cadinho já contendo produto derretido, antes de colocar novo material em seu interior, deve-se pré-aquecer esse material colocando-o na borda do forno, a fim de que não haja reação ao material frio e este atinja o equilíbrio térmico mais rápido.

### Escalas Termométricas

Para o controle da temperatura de um corpo, faz-se necessário que haja um termômetro e que este seja graduado em determinada escala de temperatura.

Para construirmos uma determinada escala termométrica, deve-se adotar convenções para facilitar a sua construção. As convenções adotadas para construção de uma escala em geral são pontos fixos de alguma substância, no caso a água.

Pode-se citar como escalas mais utilizadas: Celsius, Kelvin e Farenheit.

As escalas citadas foram construídas tendo como base os pontos fixos da água: ponto de gelo e de vapor d'água.

	Celcius	Kelvin	Farenheit
Ponto de gelo	0°C	273K	32°F
Ponto de vapor	100°C	373K	212°F

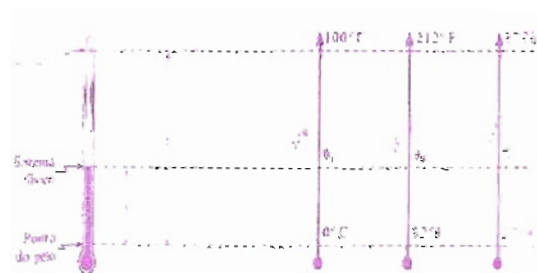


Figura 7. Pontos fixos da água ( Fuke *et al.*1996)

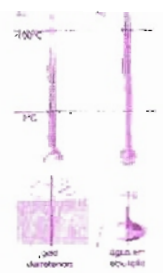


Figura 8. Escala Celsius (Alvarenga, 2000)

## Dilatação térmica dos materiais

Ao medir as dimensões de um determinado objeto, a uma temperatura  $T$ , e aumentar a temperatura desse corpo, efetuando nova medição, observa-se que suas dimensões foram alteradas para um valor maior que o inicial.

Como foi visto anteriormente, os sólidos apresentam seus átomos de forma ordenada, vibrando em uma posição de equilíbrio e ligados através de forças elétricas que fazem com que eles fiquem unidos. Quando há um aumento de temperatura, aumenta a agitação dos átomos do material, fazendo-os distanciar-se mais da posição de equilíbrio. Portanto aumentou a distância entre os átomos e conseqüentemente as dimensões do objeto.

Interpreta-se a dilatação de certo material como resultado do aumento de distâncias intermoleculares devido ao aumento da energia cinética das moléculas de uma substância (Gref, p.59). Logo, quanto maior a quantidade de calor fornecido, maior será a variação da energia e maior a dilatação do material.

A dilatação ocorre em sólidos e líquidos modificando suas dimensões e volumes iniciais.



Fig. 10-130: O aumento da temperatura causa a dilatação de um corpo sólido, devido ao aumento da energia cinética das moléculas, fazendo com que elas se afastem umas das outras.

Figura 10. Elevação de temperatura e dilatação (Fuke *et al*, 1996)

## Dilatação linear

Ao aquecer uma barra, acontece um aumento em todas as suas dimensões. Como a maior dimensão é o seu comprimento esta dimensão terá maior dilatação. Essa variação de comprimento ( $\Delta L$ ), está relacionada com o comprimento inicial da barra ( $L_0$ ), a variação de temperatura sofrida ( $\Delta T$ ) e a constante de proporcionalidade  $\alpha$ , denominada coeficiente de dilatação.

É calculável a variação de comprimento em uma barra a partir da equação:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

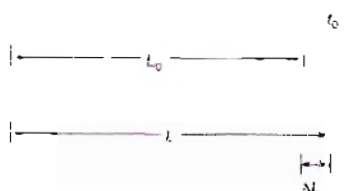


Figura 11. Dilatação linear (Fuke *et al*, 1996)

Tabela 2- Substâncias e seus coeficientes de dilatação

Substância	$\alpha (^{\circ}\text{C}^{-1})$
Alumínio	$23 \times 10^{-6}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$
Zinco	$25 \times 10^{-6}$
Chumbo	$29 \times 10^{-6}$
Aço	$11 \times 10^{-6}$

Fonte: GREF, 1998

### Dilatação superficial

Em peças com uma área considerável, aumentando a temperatura, acarreta como resultado dessa elevação, o aumento de suas dimensões (comprimento e largura). conseqüentemente, haverá uma variação em sua área final.

Calculamos a variação de superfície em uma chapa a partir da equação:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

Onde:  $\Delta A$  = variação da área;

$A_0$  = área inicial

$\beta$  = coeficiente de dilatação superficial;

$\Delta T$  = variação de temperatura sofrida pela chapa.

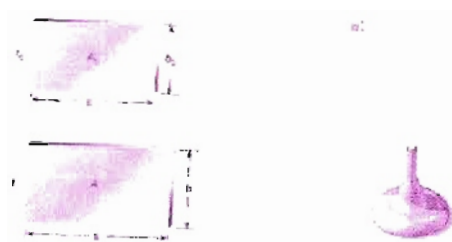


Figura 12. Dilatação superficial (Fuke *et al*, 1996)

## Dilatação volumétrica

É a variação do volume de um corpo, devido a sua variação de temperatura. Neste caso todas as dimensões do corpo sofrem variações de tamanho sensíveis e que influenciam em seu volume final.

A equação que possibilita calcular a dilatação volumétrica de um corpo é:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

Onde :  $\Delta V$  = variação do volume do corpo;

$V_0$  = volume inicial do corpo;

$\gamma$  = coeficiente de dilatação volumétrica;

### Aplicação:

A dilatação dos corpos é uma parte da física largamente utilizada nas indústrias. Um exemplo a ser citado é o acoplamento de um eixo em um anel, enquanto é aquecido o anel para o furo dilatar, em um processo inverso resfriar o eixo a fim de que haja sua contração, uma vez acoplados, e restabelecida a temperatura normal, as dimensões voltarão ao normal, impedindo assim que o anel saia do eixo.

Em moldes de fundição são observadas as sobremedidas a fim de compensar a contração do material fundente (FS, 2005, p.129), esse maior dimensionamento depende de fatores como o material a ser fundido, o material do molde (o próprio molde já se dilata devido ao calor a ele fornecido) e o processo de fundição aplicado.

## Transformação de energia

As diversas formas de energia não podem ser criadas, uma determinada forma de energia é obtida a partir de outra existente, apenas há transformação de uma quantidade de energia (calorífica, mecânica, sonora, luminosa, química, etc) em outra forma de energia, conservando a quantidade inicial, ou seja, a conservação da energia.

A Figura 13 retrata a experiência de James P. Joule, em que a energia mecânica existente no peso é convertida em energia calorífica através do atrito das pás que giram durante a queda do peso, dentro do recipiente com água. Dessa forma é registrado um aumento da temperatura do líquido. Sabendo a variação de temperatura do líquido é então calculada a energia sob a forma de calor necessário para causar esse aumento da temperatura. Essa energia calorífica é igual a energia mecânica do peso, chamado de equivalente mecânico do calor.

A relação entre as unidades descritas é dada por:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

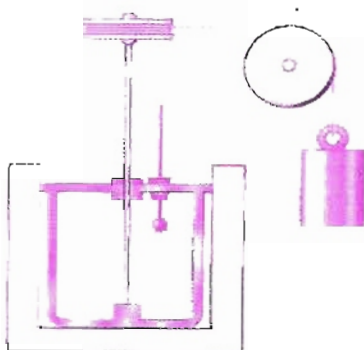


Figura 13. Experiência de Joule (Alvarenga 2000)

## Transferência de calor

A energia calorífica de um determinado corpo pode ser transferida a outros corpos, havendo o aquecimento desse material. De maneira análoga pode-se retirar energia, acarretando em seu resfriamento.

Um exemplo de transferência de calor é a energia irradiada do Sol para a Terra, que mantém a condição de temperatura adequada à existência de vida.



A transferência de energia térmica pode ocorrer de três formas: a condução, a convecção e a radiação térmica.

### Condução Térmica

O calor é transferido entre os corpos de diferentes temperaturas. É possível observar quando um corpo é aquecido em uma de suas extremidades, a extremidade oposta à que está recebendo calor também sofre um aumento de temperatura. A transferência de energia ocorre a partir da agitação das moléculas aquecidas, temos a transferência de energia de uma partícula para outra vizinha ao longo da barra (Fig. 14).



Figura 14. Condução Térmica (Alvarenga,2000)

#### Aplicação:

Em um processo de fundição isso é observado em diversos momentos:

a) No aquecimento da areia no processo chamado *Shell Molding*, a fôrma de areia estará pronta a partir da queima da resina fenólica, existente na areia de “*Shell*”. A queima ocorre através do aquecimento dessa areia, por transferência de calor das chamas dos queimadores da máquina, para a placa das matrizes e novamente transferido para a areia.

b) Ao fundir metais, a transferência de calor ocorre através da passagem da energia térmica do maçarico do forno para o cadinho (ou panela) onde estão os lingotes que terão suas extremidades aquecidas e conseqüentemente o processo de condução térmica aumentará a temperatura em todo corpo até fundir-se.

c) Nos processos de usinagem, os corpos ao serem cortados se aquecem, também, devido o processo de condução térmica.

## Fluxo de calor

Seja uma determinada secção de área  $A$  de uma barra que sofre aquecimento em uma de suas extremidades. Com o tempo observa-se o aquecimento da barra em todo seu comprimento ( $L$ ). Define-se Fluxo de calor a quantidade  $\Delta Q$  de calor que passa através da secção da barra em um intervalo de tempo:

$$\Phi = \Delta Q / \Delta t$$

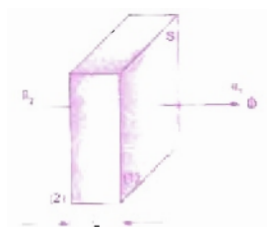


Figura 15: Fluxo de calor através de uma chapa ( Ferraro, 1995)

Em uma barra de comprimento  $L$  temos o Fluxo de calor:

- a) Proporcional à área  $A$ , da secção da barra;
- b) Proporcional à diferença de temperatura entre as extremidades da barra;
- c) Inversamente proporcional ao comprimento da barra,  $L$ ;

Logo:

$$\Phi = K.A.(T_2 - T_1) / L$$

Onde:

$K$  = condutividade térmica;

$A$  = área da secção do material;

$T_1$  = temperatura da extremidade oposta a fonte de calor;

$T_2$  = temperatura da extremidade em contato com a fonte de calor;

$L$  = comprimento da barra;

Observa-se que quanto maior o valor de  $K$ , maior é o Fluxo de calor.

## Convecção

Quando se aquece a água dentro de um recipiente, a camada do fundo esquentar, aumentando de volume e diminuindo a densidade, fazendo com que a água dessa camada se desloque para a parte superior do recipiente e seja substituída por água mais fria e densa, proveniente da região superior. O processo é contínuo, formando uma corrente, chamada de corrente de convecção.



Figura 16. Convecção Térmica (Alvarenga, 2000)

### Aplicação:

Esse processo é encontrado em várias situações de nossa vida. É o que ocorre no interior dos refrigeradores, onde também temos a formação das correntes de convecção, pode-se citar ainda dentro de nossas casas os aparelhos de ar condicionados em quartos.

Nas indústrias observa-se esse processo por meio de caldeiras, em que temos o aquecimento da água e também no processo de fusão, observa-se no material liquefeito os efeitos da convecção.

## Radiação Térmica

A energia emitida pelos materiais corresponde a uma faixa dentro do que chamamos espectro eletromagnético. Esse espectro é dividido em faixas de energia das ondas eletromagnéticas, que vai do infravermelho (ondas de baixa energia), passa pelo espectro de luz visível e finaliza com ondas do ultravioleta (alta energia). As cores que enxergamos correspondem a uma faixa de luz que vai do vermelho ao violeta, luz visível.

O processo de radiação térmica é o de transferência de energia térmica por meio de ondas eletromagnéticas. A maior fonte de energia para a Terra, o Sol, emite ondas de infravermelho (calor) que se propagam no vácuo.

Assim, não é necessário um meio de propagação, e o calor vindo do Sol é transmitido à Terra. Anteriormente vimos formas de propagação (condução e convecção) que exigiam um meio material para que o fenômeno ocorresse.

Quando um corpo recebe radiação térmica tem parte do calor absorvido e a outra parte refletida. Corpos escuros absorvem mais a radiação que neles incidem e corpos de cores claras refletem mais o calor.

Em geral, o calor de uma fonte aquecida é transmitido a uma pessoa que chega próximo a essa fonte de três formas: condução, convecção e radiação. Pode-se observar isso nos fornos de fogões ou ainda em fornos de fundição.



Figura 17. Radiação Térmica (Alvarenga,2000)

## O espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético (figura 18) contém diversas formas de emissões eletromagnéticas, como o infravermelho, luz visível, raios-X, ondas de rádio e várias outras. A diferença entre essas emissões é o comprimento de onda ( $\lambda$ ). O olho humano só responde à região visível do espectro.

Pelo fato de nossos olhos não conseguirem detectar radiação dos corpos com temperatura inferior a 500°C, associa-se a radiação térmica apenas a objetos quentes. Entretanto qualquer corpo cuja temperatura esteja acima do zero absoluto emite energia eletromagnética, a qual se propaga no espaço à velocidade da luz.

Os objetos quentes emitem radiação em uma ampla faixa do espectro eletromagnético. Os que estão nas temperaturas de interesse prático emitem radiações situadas na porção infravermelha ou visível do espectro.

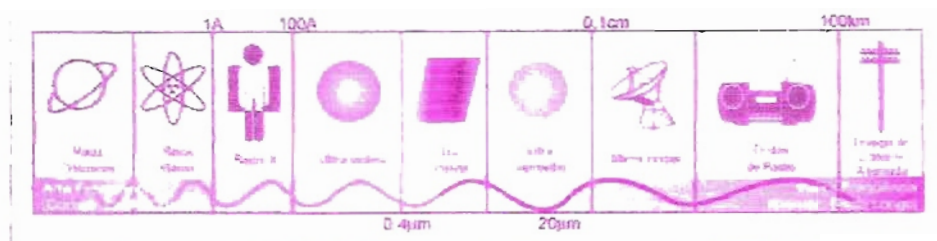


Figura 18. Espectro Eletromagnético

### Aplicação:

Em pequenas metalúrgicas que não dispõe de pirômetro, utiliza-se as cores dos materiais para estimar a que temperatura estão (pág. 19). Este meio é utilizado em fundições e em processos de têmpera de ferramentas.

## Capacidade Térmica

Ao fornecer uma mesma quantidade de calor a corpos de materiais diferentes ou de mesmo material mas de massas diferentes, 100 cal., por exemplo, nota-se que a variação de temperatura é diferente havendo um que se aqueceu mais que o outro. A partir desse comportamento é definida a grandeza capacidade térmica: um corpo ao receber uma

quantidade de calor  $\Delta Q$ , e tem uma variação de temperatura  $\Delta t$ , a capacidade térmica deste corpo é dada por:

$$C = \Delta Q / \Delta t$$

Sua unidade será: cal/°C.

A capacidade térmica de corpos de massas diferentes, porém de mesmo material, será diferente para cada corpo, pois se um objeto possui dimensões maiores que um outro (Fig. 19), existirá também maior número de moléculas, necessitando de mais calor para alcançar determinada temperatura.



Figura 19. Capacidade Térmica (Alvarenga, 2000)

## Calor específico

É a quantidade de calor fornecida, a cada grama de um material, para que tenhamos uma variação de temperatura de 1°C.

Ao dividir as capacidades térmicas de três corpos (de um mesmo material) pelas suas massas, encontra-se um valor constante  $c$ , que é o calor específico dessa substância.

Para um determinado material haverá sempre o mesmo calor específico, independente da massa do corpo, contudo o calor específico irá depender da faixa de temperatura em que se encontra o material, dessa forma para a água líquida o calor específico é diferente do gelo.

Portanto, o calor específico da substância é dado por:

$$c = C/m$$

Substituindo na equação acima a capacidade térmica ( $C$ ), por  $\Delta Q / \Delta t$ :

$$\Delta Q = m.c. \Delta t$$

Onde:

$c$  = o calor específico da substância

$\Delta Q$  = quantidade de calor fornecida ou cedida;

$m$  = massa da substância;

$\Delta t$  = variação de temperatura.

Tabela 3- Calores Específicos

Substância	$c$ (cal/g.°C)
Água	1,000
Gelo	0,550
Vapor d'água	0,500
Alumínio	0,220
Ferro	0,110
Latão	0,094
Cobre	0,093
Chumbo	0,031

Fonte: Alvarenga. 2000

Da tabela 2, é percebido que para um determinado material, há diferentes valores de calor específico, de acordo com o estado físico do material (exemplo a água em seus diferentes estados).

É importante ressaltar que as diferentes substâncias, possuem moléculas de diferentes massas. Assim para uma mesma massa total, a substância constituída por moléculas de menor massa, conterà um número maior de moléculas, ao se comparar com outra substância cujas moléculas têm massa maiores (Gref, p. 57). Partindo da idéia de que as moléculas estão à mesma temperatura, é necessário fornecer maior quantidade de calor à substância cujas moléculas são de menor massa, e em maior número, ou àquela que possui o maior calor específico.

## Calor sensível e Calor latente

Ao aquecer qualquer tipo de metal que esteja inicialmente em estado sólido até atingir sua temperatura de fusão é fornecido ao material o calor responsável pela variação de temperatura, chamado de calor sensível.

Quando o material atinge a temperatura de fusão inicia-se o processo de derretimento, porém é necessário continuar fornecendo calor ao material para completar a fusão, nesse período não é observado a variação de sua temperatura. Completado o processo de fusão e havendo continuidade no fornecimento de calor o material voltará a aumentar a sua temperatura.

O calor que é fornecido durante a mudança de estado físico do material, é chamado de calor latente e é calculado através da equação:

$$Q = m.L$$

Onde: Q é a quantidade de calor, m a massa da substância e L o calor latente.

## Calor de combustão

A partir do agrupamento de átomos obtém-se a formação de moléculas, o conjunto de moléculas ligadas entre si, originam materiais, que se tornarão produtos industrializados.

Em um processo chamado de combustão, há uma reação química entre dois reagentes, exemplo do óleo diesel (combustível) e o oxigênio. Sendo a combustão uma reação química formará novos compostos, como produtos resultantes da reação. Há o rearranjo dos átomos das moléculas na reação.

Os reagentes possuem inicialmente uma energia potencial que ligam os átomos, e formam as moléculas. Quando é iniciada uma chama em um ponto do combustível, que eleva muito a temperatura nesse ponto, as moléculas adquirem uma velocidade grande o suficiente, que ao colidirem entre si vençam a forte energia potencial de interação dos átomos, assim os átomos podem recombinar, originando novos compostos.

A transformação da energia potencial em cinética, causa um aumento de temperatura, dando origem então a uma fonte de calor.



O calor de combustão varia de acordo com o combustível escolhido. Em processos metalúrgicos são utilizados como combustíveis: o óleo diesel, óleo BPF, gás butano ou ainda o gás natural.

Tabela 4- Combustão e Calor

Combustível	Calor de combustão ( Kcal / Kg )
Óleo diesel	10950
Gás natural	11900
Gás butano	8900

Fonte: GREF, 1998

### Mudanças de estado físico

Observa-se na natureza três estados físicos para as substâncias: sólido, líquido e gasoso. A forma encontrada em determinados materiais dependerá da temperatura e da pressão a que são submetidos esses materiais. Portanto, um metal que é sólido a temperatura ambiente, pode-se obtê-lo sob a forma líquida, ao aumentar consideravelmente sua temperatura

A possibilidade de controlar os estados físicos dos diferentes materiais permite remodelar diferentes matérias-primas formando objetos para uso. Fazendo uso desses processos, nas indústrias, através de fornos de fusão molda-se de diferentes peças, de engrenagens gigantescas a torneiras utilizadas em casas.

### Estado Sólido

Os materiais são constituídos de átomos, esses se encontram muito próximos uns dos outros devido a grandes forças de interação. Eles se encontram, quase todos, sob a formação de uma estrutura cristalina organizada e não há movimento de translação, somente uma constante vibração (agitação térmica) em um ponto de equilíbrio. Os sólidos que não

apresentam uma rede cristalina bem definida são os chamados sólidos amorfos, exemplo do vidro.

Devido a forte ligação entre os átomos, os sólidos possuem características próprias: forma definida e resistência a deformação.



Figura 20. Água no estado sólido (Ferraro, 1995)

### Estado Líquido

No estado líquido, os átomos de uma substância apresentam-se mais afastados uns dos outros, e as forças entre eles são mais fracas, o movimento de vibração dos átomos é livre, o que permite a translação dos átomos no interior dos líquidos (ALVARENGA, 2000, p.174). Esse fato é o que permite aos líquidos escoarem e tomarem forma as formas dos recipientes a que são submetidos.



Figura 21. água no estado líquido (Ferraro,1995)

### Estado Gasoso

No estado gasoso, os átomos ou moléculas de um material estão muito mais separados, tendo a força de ligação quase nula. Os átomos e moléculas de materiais nesse estado se movimentam de forma livre e devido a isso os gases não possuem forma definida, ocupando todo o volume do recipiente em que se encontram.

## A Fusão

Ao fornecer calor a um corpo aumenta-se sua temperatura, conseqüentemente a energia com que os átomos vibram aumenta. O aumento da agitação contribui para que se altere a força de ligação entre os átomos, ocorrendo a mudança de estado. O mesmo pode ocorrer de maneira inversa, se diminuirmos a temperatura dos corpos.

Define-se alguns pontos básicos a respeito da fusão dos materiais:

a) A uma determinada pressão, a temperatura de fusão é bem determinada para cada substância;

b) Durante o processo de fusão de determinado material, quando este se encontra em sua temperatura de fusão, é necessário o fornecimento de calor ao material até que todo corpo esteja fundido. Durante o processo, a temperatura do material fundente não se alterará, ocorrendo mudança de temperatura somente após todo derretimento do material;

c) O calor fornecido durante o processo de fusão, calor Latente de Fusão, é característica de cada material.

## Solidificação

É o processo inverso da fusão, portanto, ao invés de fornecer calor ao material, é retirado calor do líquido. Dessa forma, em uma fundição de metal, a solidificação ocorre naturalmente por meio da troca de calor do material fundido com o ambiente.

## Vaporização

A passagem de um material de seu estado líquido para o estado gasoso é através de dois processos:

a) evaporação: é um processo lento, a qualquer temperatura. É o que ocorre com a água de poças e de roupas lavadas. Em recipientes em que se armazene, por exemplo, óleo diesel deve-se tomar as precauções necessárias para evitar perdas, devido a evaporação de combustível. A velocidade da evaporação é proporcional a área da superfície ocupada pelo material (ALVARENGA, 2000, p. 183).

b) ebulição: é um processo rápido feito a partir do fornecimento de calor ao material, chegando a uma determinada temperatura de ebulição. Dessa forma há a evaporação de forma rápida do material.

Ao fornecer calor a um líquido de forma que este alcance sua temperatura de ebulição, é preciso que continue a fornecer calor para que se mantenha o processo de mudança de fase. Esse calor fornecido é denominado de calor latente de vaporização.

É observado que os valores de temperatura para os processos de mudança de estado físico variam com a pressão atmosférica local. Se a pressão for aumentada, a temperatura de fusão do material será também aumentada, o mesmo ocorrendo na ebulição.

No próximo capítulo é introduzido um processo de fundição, em que procura-se estabelecer uma ligação entre os tópicos anteriores e o que é executado na indústria.

## 4 PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

A fundição de metais é um processo de fabricação tido como um dos mais antigos existentes. É utilizada com finalidade de dar novas formas aos materiais, a fim de serem transformados em utensílios. Esta técnica consiste essencialmente na aplicação pura e simples. Do princípio clássico de Arquimedes de que:

*“ o líquido toma a forma do vaso que o contém ”*

A fundição tem sido utilizada pelo homem há mais de quatro milênios A.C., embora, somente há cerca de cinco décadas, a solidificação de metais e suas ligas tenha começado a ser pesquisada dentro de esquemas da metodologia científica.

O processo industrial em que há transformação de matéria-prima, sob a forma de lingotes ou sucata, em produtos através do derretimento da matéria-prima e o uso de fôrmas para dar o formato final do produto solidificado é chamado de fundição. Pode-se ter a fusão de materiais diversos que originam ligas de ferrosos ou não ferrosos.

A obtenção industrial de peças mecânicas metálicas com características físicas adequadas às funções que lhe são impostas pelos projetos, a um fator de custo de produção reduzido, requer o recurso de tecnologias atuais para inovar ou otimizar as diferentes fases de produção.

Uma peça vazada obtida pela tecnologia de fundição é, normalmente, um elo de ligação de uma cadeia cinemática, a qual além da forma geométrica, deve ter propriedades físicas adequadas a cada uma das solicitações a que vai estar sujeita durante o seu funcionamento.

A tecnologia de fundição é talvez o processo de conformação de metais que maior liberdade de formas permite, com a vantagem da otimização do fator econômico devido a ser o caminho mais curto entre a matéria prima metálica e a forma final do produto. A fundição engloba, na realidade, um conjunto de tecnologias alternativas, tecnologias que pela sua multiplicidade põe em jogo um grande número de parâmetros abrangidos pelos mais variados ramos da ciência, incluindo-se a Física.

## 4.1 HISTÓRIA DA FUNDIÇÃO

A existência dos primeiros objetos de cobre, ouro, pratas e ligas de cobre, com origem provável no Oriente, data de 7000 a 3000 A.C., destacando-se particularmente na arte de fundição os povos Egípcios, Ititas, Gregos, Etruscos e Chineses.

O fabrico de peças em bronze teve seu desenvolvimento entre 3000 e 1500 A.C. e o processo de obtenção do ferro, para adorno, a partir dos seus minérios, é conhecido na Mesopotâmia por volta de 2800 A.C.

A obtenção do ferro forjado só se desenvolve no Oriente Médio por volta de 1000 A.C., enquanto que, por volta da mesma época os Chineses começaram a produzir peças em ferro fundido devido às temperaturas mais elevadas obtidas em fornos de carvão soprados por foles. Esta data foi nomeada como início da “Idade do Ferro”.

No período Romano, por volta de 100 A.C. a 250 D.C., a metalurgia do ferro sofre um grande desenvolvimento correspondente a utilizações importantes, a fabricação de ferramentas, machados, canalização e armamento.

Por volta de 1300 a 1400 D.C., com a evolução das armas de fogo e dos canhões em ferro fundido, são desenvolvidos os fornos de fusão industrial. Nesta época desenvolve-se a tecnologia de obtenção de ferro fundido no forno de “Cubilote”, constituído por uma chaminé com ventilação forçada.

Em 1788 o físico alemão “Achard” edita um livro sobre as propriedades metálicas de 900 ligas de 11 metais mais correntes (exceção do ouro e do níquel).

No ano de 1944, o alemão Johannes Croning desenvolve e elabora a patente do processo de fundição conhecido por “*Shell Molding*” ou processo Croning. Neste processo utilizou areias aglomeradas com resinas de presa térmica a quente para produção de moldações e machos de paredes finas.

## 4.2 PROCESSO DE *SHELL MOLDING*

Para que os metais sejam fundidos, faz-se necessário o uso de determinados meios e processos, os quais são denominados de: fundição por Gravidade ou Injeção a Alta Pressão.

Divide-se ainda o processo por Gravidade em: Areia Verde, *Shell Molding* e Coquilha que são largamente utilizados pelas indústrias de pequeno, médio e grande porte.

Já o processo por Injeção, sob pressão, é mais utilizado em indústrias de médio a grande porte devido aos altos custos da ferramentaria.

Em todos os processos os conceitos de Física são amplamente utilizados, desde a montagem dos fornos, passando pelo combustível ou fonte de energia utilizada para aquecimento do material e chegando às máquinas de fundição.

Esse processo foi escolhido devido a uma larga gama de aplicações dos conceitos de Física, desde a confecção dos moldes utilizados e das peças a serem fundidas ao processo de resfriamento do produto fundido.

O *Shell Molding* é muito utilizado nas indústrias, apesar de ser um processo considerado caro e com produção de detritos de fundição (poluentes).

O processo de fundição *Shell Molding*, consiste em aquecimento de uma camada de areia de fundição ( areia de Shell), depositada sobre a placa de molde previamente aquecida. Essa areia, formada por areia do mar e resinas fenólicas, após ser aquecida, queima uma parte da resina causando seu endurecimento, dando origem à fôrma da peça a ser fundida.

As figuras a seguir, mostram um processo de confecção de fôrmas a partir de placas de *Shell Molding*. Neste processo as placas confeccionadas a partir de uma liga de aço são aquecidas até uma temperatura de aproximadamente 400°C. O aquecimento ocorre por condução e convecção térmica.

*Aplicação da física:*

1. Em uma máquina de fôrmas de *shell molding*, como ocorre a transferência de calor da câmara de combustão de gás para os modelos montados na placa de aço?

*O ar serve como meio de propagação. Assim o ar aquecido na parte inferior é aquecido subindo para junto da placa de aço e o ar que estava na parte superior desce, esse processo é contínuo. A essa forma de propagação dá-se o nome de convecção. Dessa forma a placa se aquece na parte inferior e através da condução térmica é totalmente aquecida, inclusive os modelos.*



Figura 22. Máquina de Shell (fotografia do autor)

Na Figura 22, uma máquina que possui uma placa de moldes que é aquecida através da queima de gás butano. Pode-se observar que quando a areia entra em contato com a placa aquecida, dá origem a uma fôrma de areia parcialmente “crua” (Figura 23). Após 6 min aproximadamente há o total “cozimento” da placa ficando rígida, originando uma fôrma, Figuras 23,24 e 25, isso ocorre após a queima da resina fenólica que compõe a areia.

Aplicação da Física:

2. Como surge a energia calorífica na câmara de combustão da máquina de moldes?

*Inicialmente os reagentes, gás e oxigênio, possuem uma energia potencial que ligam os átomos formando as moléculas, quando se inicia uma chama em um ponto do combustível as moléculas adquirem velocidade e colidam vencendo a energia potencial. A transformação de energia potencial em cinética, causa o aumento da temperatura dando origem a uma fonte de calor.*

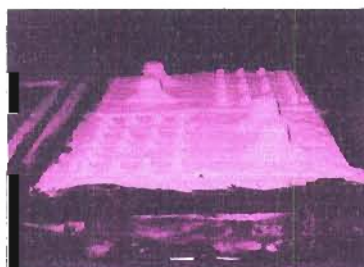


Figura 23. Molde de areia de Shell crua ( fotografia do autor)



Figura 25. Fôrma cozida ( fotografia do autor)

A Figura 26 mostra uma placa que será montada com os machos (Figura 27), os quais são confeccionados pelo mesmo processo, e originarão as fôrmas internas das peças fundidas.



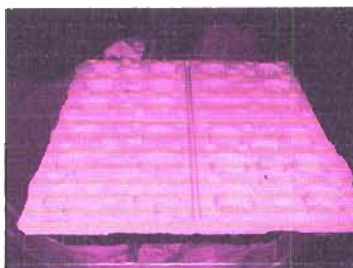


Figura 26. Placa molde (forma externa) ( fotografia do autor)



Figura 28. Placa com macho ( fotografia do autor)

Ao ensinar esse procedimento de confecção de fôrmas, pode-se destacar a Física envolvida no processo: transformação de energia (através da queima de combustível, gás butano, em calor), aquecimento, formas de propagação de calor, trocas de calor, isolamento térmico, dilatação e contração dos materiais envolvidos, medida de temperatura, utilização de escalas térmicas.

Portanto, ao iniciar a queima do gás nos maçaricos da máquina tem início um processo de transformação de energia potencial (das moléculas) em térmica (calor). O calor produzido pelas chamas se propaga, através de radiação e condução, até a placa com os moldes e a partir daí por condução até alcançar a areia fenólica. Através de reação química a areia endurece formando uma fôrma. Ao sacar a fôrma da placa de molde, a mesma entra em processo de resfriamento.

A fôrma troca calor com o ar até adquirir temperatura ambiente, atingindo o equilíbrio térmico.

#### 4.3 A FUSÃO DE METAIS

Ao se fundir determinada peça deve-se tomar rigoroso cuidado com o material escolhido, pois as características do fundente devem ser apropriadas para o fim a que se destina.

Assim, é utilizada para se fundir válvulas uma liga não-ferrosa. Entre as ligas não ferrosas pode-se citar: latão, bronze e zamak. A liga de latão é composta por cobre e zinco, bronze tem como base o cobre e estanho e zamak formada por zinco, alumínio e cobre.

O material a ser fundido deve ser acondicionado em um cadinho (recipiente onde é derretido o metal), que funciona como uma panela, de silício resistente a altas temperaturas. O calor a ser gerado pode vir a partir de combustíveis como o óleo diesel, óleo bruto gás butano ou gás natural, ou ainda da transformação de energia elétrica em térmica em fornos a indução. A escolha do combustível, fóssil ou energia elétrica deve estar condicionada ao tipo de forno utilizado e também ao calor a ser gerado, bem como levar em consideração custos operacionais.

O uso de óleo diesel torna-se apropriado, na maioria das vezes, devido ao calor gerado em relação ao custo de implantação (tabela 4).

Na Figura 29, temos um forno construído com tijolos refratários, a óleo diesel, com cadinho de 200 kg para fusão de bronze.

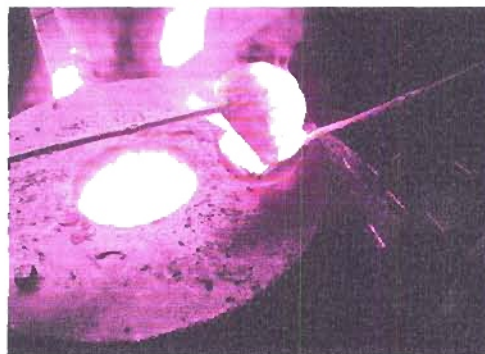


Figura 29. Forno (fotografia do autor)

A Física a ser tratada na construção de um forno como o da Figura 29, está relacionada ao tipo de combustível a ser utilizado a fim de aproveitar ao máximo o calor produzido através da combustão e ao isolamento térmico. Assim, devem ser discutidos os aspectos das Transformações de Energia e Fontes de Energia, conceitos básicos de Calor, Transferências de Calor, Temperatura.

Na construção de um forno discute-se a energia sob forma de calor, necessária para que o material alcance o ponto de fusão, qual o combustível mais apropriado em termos de geração de calor, qual temperatura máxima deve alcançar o forno e o material de construção

do forno, pois deve ser construído de forma a obter o maior rendimento possível do calor gerado. Portanto, é imprescindível que discuta seu isolamento térmico evitando perda de energia por condução através das paredes do forno. Destacando o uso de materiais como tintas refratárias e reflexivas, que possuem características que amenizam as perdas de energia.

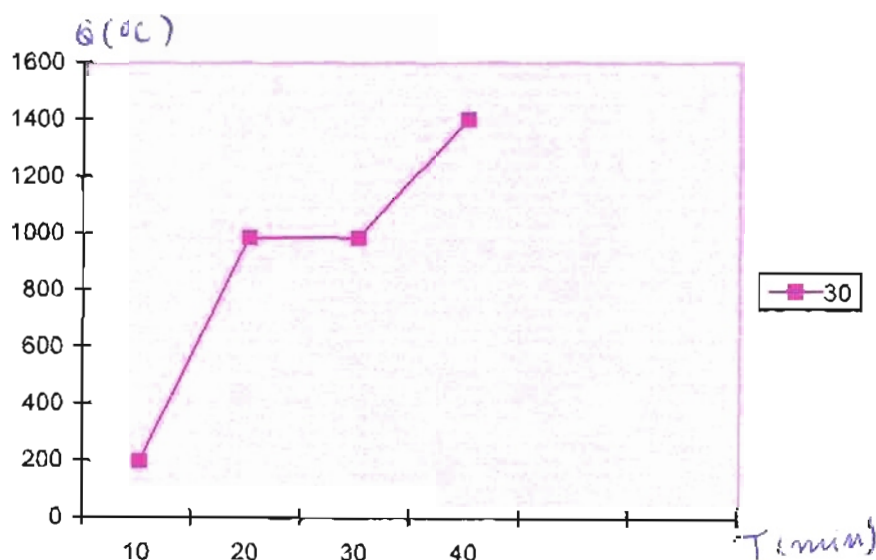
*Aplicação da Física:*

3. Por que ao construir um forno reveste-se o seu interior com cimento refratário na cor branca?

*O material refratário serve para dar maior resistência ao calor, a cor branca é para refletir melhor as ondas de calor para seu interior, evitando perda de calor.*

As Figuras 30 e 31, mostram o operador iniciando o processo de enchimento da concha que conduzirá o bronze até a fôrma. O material ao atingir o estado líquido, não está na temperatura ideal para começar o trabalho de vazamento das fôrmas. É necessário que o material em fundido, receba uma quantidade de calor excedente que aumente a temperatura para compensar as trocas de calor após o desligamento do forno.

Dessa forma a curva de aquecimento do material bronze é representada pelo gráfico:



Do gráfico destaca-se: o fornecimento de calor sensível causando a variação de temperatura do material, de 30°C (temperatura média ambiente) até 985 °C temperatura de fusão da liga de bronze tratada aqui até neste ponto há somente material sólido. Durante 10 minutos a temperatura é invariável indicando que o material está recebendo calor latente de fusão, coexistindo os estados sólido e líquido. Após ser observada a variação de temperatura

temos calor latente sendo fornecido ao material e só um estado físico (líquido), nesse ponto tem-se um aquecimento extra do material até cerca de  $1400^{\circ}\text{C}$ .

*Aplicação da Física:*

4. Porque não se deve desligar o forno e iniciar o processo de enchimento das fôrmas logo após o total derretimento dos lingotes?

*Devido ao início imediato da solidificação, portanto, é cedido ao material calor sensível suficiente para aumentar a temperatura acima do ponto de fusão possibilitando o enchimento dos moldes.*

O vazamento nos moldes é efetuado com o metal mantido dentro de certos limites de temperatura. Estes limites são estabelecidos em função da composição do material a ser vazado, da espessura das paredes da peça e do seu tamanho. Portanto o material leva ainda um aquecimento extra a fim de compensar as trocas de calor entre o metal e o ambiente (é fornecido calor sensível que provocará um aumento de temperatura do material derretido) evitando que o material comece a solidificar ainda na concha.

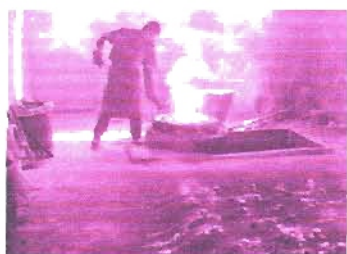


Figura 30. Fundidor (fotografia do autor)



Figura 31. Material líquido (fotografia do autor)

Nas situações retratadas nas Figuras 30 e 31, os temas a serem destacados junto aos alunos são: calor sensível, calor latente, aquecimento do material – podendo acrescentar a curva de aquecimento do material de forma a destacar os estados físicos e as mudanças de estado ocorridas no processo. Também devem ser tratados tópicos como Medidas de Temperatura, usos de Termômetros e Pirômetros, Escalas de Temperatura (pág.20), Fluxo de Calor (pág. 26) e Trocas de Calor (pág. 24 a 27), Equilíbrio Térmico (pág. 19), Dilatação (pág. 21), irradiação e espectro eletromagnético (pág.29).

*Aplicação da Física:*

5. Quando se aquecem os lingotes para fundir, observa-se que vão mudando de cor com o tempo, qual a relação existente entre temperatura e cor dos materiais?

*Uma propriedade importante é a emissão de radiação pelos materiais quando são aquecidos, assim conforme a tabela 1, os materiais variam a cor de acordo com a*

*temperatura em que se encontram, quanto mais se aproxima do branco mais quente está o material.*

6. Por que um fundidor percebe uma variação de temperatura no ambiente próximo ao forno quando se aquece o material?

*O calor é propagado através do ar, condução térmica e também através de ondas eletromagnéticas (infravermelho), radiação térmica.*

7. Ao se carregar um forno para iniciar a fundição, os lingotes são acomodados uns sobre os outros dentro do cadinho, como ocorre o aquecimento das barras, sabendo que a fonte de calor está na parte inferior externa ao cadinho?

*O calor é propagado de uma fonte mais quente para uma mais fria, no caso temos condução térmica através das paredes do cadinho até chegar nos lingotes.*



Figura 33. Enchimento das fôrmas (fotografia do autor)

As Figuras 32 e 33, enchimento das fôrmas estão ligadas a temas como solidificação do material e mudança de estado físico (pág.33 a 36), calor sensível e latente (pág.32), troca de calor entre o material e o meio, contração do material.

#### *Aplicação da Física:*

8. Os modelos de fundição são confeccionados com medidas maiores que a peça ficará após a solidificação do metal, explique a razão.

*Quando o material é liquefeito temos a sua dilatação e ao solidificar-se há uma contração compensada nas sobremedidas dos moldes.*





Figura 34. Solidificação ( fotografia do autor)

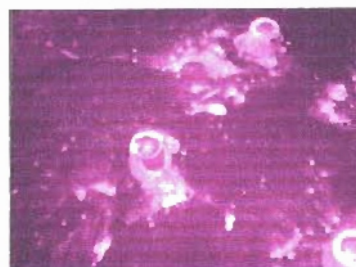


Figura 35. Material sólido ( fotografia do autor)



Figura 36. Peças fundidas ( fotografia do autor)

Nas Figuras 32 e 33 o fundidor enche as fôrmas com o metal derretido, um processo que deve ser rápido. Após o forno ser desligado, a temperatura do material começa a baixar, devido as trocas de calor com o ambiente. Portanto, o processo deve ser completado antes que haja a cessão de calor sensível e a queda da temperatura, evitando que a temperatura de solidificação seja atingida.

Fundamentalmente a solidificação de um metal é um processo de transferência de calor, em que, o calor latente de fusão, despendido para fundir o metal é libertado durante o processo de solidificação, na interface *liquidus/solidus*, e dali é transferido segundo os diferentes gradientes térmicos do sistema, os quais condicionam a velocidade de solidificação e a qualidade metalúrgica final do metal solidificado.

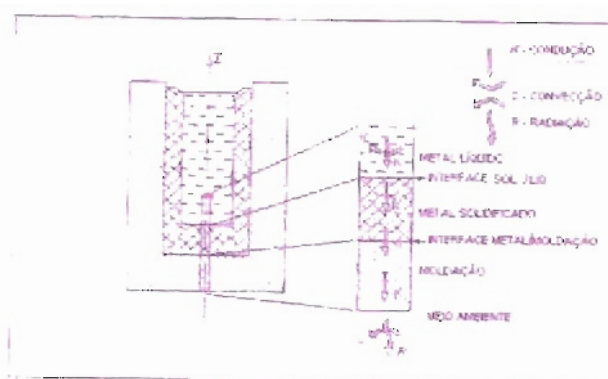


Figura 37. Trocas de calor que ocorrem nos processos de solidificação e arrefecimento de um metal vazado numa moldação (Ferreira, 1999).

O processo é completado após o tempo em que o metal é solidificado nas fôrmas. neste momento o material troca calor com a areia de Shell e o ambiente, através de condução, convecção e radiação (Figuras 34 e 35).

A Figura 36 mostra o produto final já sólido sendo preparado para limpeza.

De acordo com a descrição do processo acima, é importante discutir com os alunos os principais tópicos do tema estruturador calor:

- transformação de energia: há a liberação de energia a partir da queima de óleo diesel;
- propagação e transferência de calor: através aquecimento da matéria-prima, por condução, e o aquecimento próximo do forno através de radiação térmica;
- as mudanças de fase da matéria- inicialmente sólida, passando a líquida e voltando ao estado sólido já na forma de produtos;
- controle de temperatura- através de instrumentos ou visualmente através da cor do material;
- escalas termométricas: aplicação dos conceitos de calor sensível e latente- ao aquecer o material fornecendo calor sensível, na mudança de estado onde o material recebe calor latente de fusão.

#### 4.4 APLICAÇÕES DOS CONCEITOS E EXEMPLOS

Baseando-se nos conceitos anteriormente descritos, pode-se trabalhar questionários que discutam os tópicos propostos baseados em situações que possam ser encaradas em ambientes de trabalho, bem como cálculos envolvendo as situações descritas. A seguir temos alguns exemplos que podem ser trabalhados em sala de aula:

Exemplo1.

Aplicação da equação fundamental da calorimetria no processo de fundição:

Calcular a quantidade de óleo combustível, necessária para fundir 200 kg de bronze. A temperatura inicial é de 30 °C (em média), a temperatura de fusão do bronze é 985°C, temperatura final do material derretido é 1400°C.

Dados do material a ser fundido: Bronze

$$c = 853 \text{ cal/ kg.}^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 1400^{\circ}\text{C}$$

$$M=200 \text{ Kg}$$

$$T_0 = 30^\circ\text{C}$$

$$L_f = 53,6 \text{ cal/g (calor latente de fusão do bronze)}$$

Temos:  $\Delta Q = m.c.\Delta T$  ( equação fundamental da calorimetria

1º) para calcular o calor sensível, cedido ao metal até o início da fusão:

$$\Delta Q_1 = 200 \text{ kg} \cdot 853 \text{ cal/kg} \cdot (985^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = 162923 \text{ kcal}$$

2º) calcular o calor latente necessário para toda fusão do material:  $Q = M \cdot L_f$

$$Q_2 = 200000 \text{ g} \cdot 53,6 \text{ cal/g} = 10720 \text{ kcal}$$

3º) calcula-se o calor sensível, para compensar a troca entre o material e o ar durante o trajeto até as fôrmas, para não haja a solidificação antes do processo totalmente executado:

$$\Delta Q_3 = 200 \text{ kg} \cdot 853 \text{ cal/Kg} \cdot (1400^\circ\text{C} - 985^\circ\text{C}) = 70799 \text{ kcal}$$

4º) em todo processo temos :

$$\Delta Q_t = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3$$

$$\Delta Q_t = 162923 \text{ kcal} + 10720 \text{ kcal} + 70799 \text{ kcal} = 244442 \text{ Kcal}$$

Pode-se calcular teoricamente consumo de combustível gasto no processo:

O valor tabelado para o calor de combustão do óleo diesel:

$$Q = 10950 \text{ Kcal/ Kg}$$

Calculando a massa de óleo ( $M_{\text{óleo}}$ ):

$$M_{\text{óleo}} = 36832,2 \text{ Kcal} \cdot 1 \text{ Kg} / 10950 \text{ Kcal} = 22,32 \text{ Kg}$$

A densidade do óleo diesel é 0,85 Kg/L

Para encontrar o volume de óleo, em litros:

$$V = 22,32 \text{ kg} \cdot 1 \text{ L} / 0,85 \text{ Kg} = 26,25 \text{ L de óleo diesel}$$



## Exemplo 2:

Aplicação de conceitos de dilatação em fundição de metais

Deseja-se fundir uma peça em bronze, possuindo comprimento final de 10.00 cm para usinagem. Foi confeccionado um molde com sobremetal de 0,30 cm, para compensação da contração do material. Qual o comprimento que ficará a peça após o resfriamento do material até a temperatura ambiente de 30°C ?

Dados:

$$T_1 = 1300^\circ\text{C}$$

$$T_f = 30^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 23,6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta L = -0,30 \text{ cm ( contração máxima admitida)}$$

$$\Delta L = \alpha \cdot L_f \cdot \Delta T$$

$$L_f = -0,3\text{cm} / 23,6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (30-1300) \text{ } ^\circ\text{C} = 10,01 \text{ cm}$$

## Exemplo 3:

Aplicação de conceitos de transferência de calor por condução

Ao introduzir uma concha, com cabo constituído de aço carbono L. revestido por material isolante, durante 10s dado obtido empiricamente, em bronze fundido a uma temperatura de 1400°C, qual o aumento de temperatura no cabo em sua extremidade, não isolada termicamente, sabendo que seu comprimento é de 1,5m sua massa é 8 kg e seu diâmetro 1,9 cm? A temperatura ambiente é 40°C.

Dados:

$$K = 1,1 \times 10^{-2} \text{ Kcal/s.m.}^\circ\text{C}$$

$$L = 1,5\text{m}$$

$$T_1 = 40^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 1400^\circ\text{C}$$

$$A = 2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

O fluxo de calor de uma fonte mais quente para uma mais fria é definido por:

$$\phi = K \cdot A \cdot (T_2 - T_1) / L$$

$$\phi = 1,1 \times 10^{-2} \text{ Kcal/s.m.}^\circ\text{C} \cdot 2,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot (1400^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) / 1,5 \text{ m}$$

$$\phi = 2792,5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4} \text{ Kcal / s} = 2,8 \text{ cal/s}$$

Define-se fluxo de calor por:

$$\phi = \Delta Q / \Delta t$$

em 10 s temos:

$$\Delta Q = 2,8 \text{ cal/s} \cdot 10\text{s} = 28 \text{ cal}$$

Como:

$$= m.c. \Delta T$$

$$T_f = \Delta Q / m.c + T_0$$

$$T_f = 28 \text{ cal} / 8 \text{ Kg} \cdot 110 \text{ cal/kg} \cdot ^\circ\text{C} + 40^\circ\text{C} = 40,03^\circ\text{C}$$

Portanto, a extremidade da barra terá um aumento de  $0,03^\circ\text{C}$  em 10s.

## 5 CONCLUSÃO

No ensino de Física, a busca por relacionar os temas estudados com as diversas situações vividas pelos alunos não é novidade. No processo de ensino-aprendizagem não partimos de um ponto “nulo” pois o aluno já possui um prévio conhecimento adquirido naturalmente e insere-se num contexto onde há a necessidade de transformar esse conhecimento em conhecimentos técnicos. Para reforçar esta idéia pode-se citar uma concepção do ensino de Física, com uma educação problematizadora: “...*que considera a experiência existencial do educando como ponto de partida*” (NETO, 1983, p. 86).

O aproveitamento do conhecimento torna o aprendizado mais fácil, e a contextualização do que é aprendido, também, visa estabelecer relações com o mundo do aluno e o que ele já possui de conhecimento prévio. Um bom exemplo de conhecimento prévio pode-se citar as fases da matéria, os alunos já sabem que a matéria pode ser encontrada em três estados, pois todos já tiveram contato com a água em seus estados, líquido, sólido e gasoso. Partindo desse conhecimento, deve-se estabelecer os conceitos físicos e relacionar a outros materiais.

O ensino de Física deve ser realizado pelo professor com o aluno, tornando o aluno um sujeito ativo no processo. Uma forma de alcançar esse objetivo é tornar o que é ensinado interessante para o aluno, defende-se nesse trabalho a integração entre teoria e prática. Percebe-se através dessa integração a oportunidade de tornar o aprendizado científico algo significativo e relevante para esse aluno.

Segundo GREF(1998, p.16):

As metas eram e ainda são, por um lado tornar significativo esse aprendizado científico, mesmo para alunos cujo futuro profissional não dependa diretamente da Física; por outro lado, dar a todos os alunos condições de acesso a uma compreensão conceitual e formal consistente, essencial para sua cultura e para uma possível carreira Universitária.

O conteúdo, descrito no desenvolvimento do trabalho, tem como objetivo auxiliar o discente a entender melhor o seu dia-dia, motivá-lo a passar a ter uma visão diferente sobre a disciplina. Geralmente o aluno, no ensino regular, não tem interesse pela Física por não tê-la como importante para sua formação.

Em cursos técnicos de Mecânica, já encontramos uma maior disposição para aprender a disciplina, o que já favorece a introdução dos conceitos aqui relacionados. As escolas técnicas, sejam elas puramente voltadas para cursos de capacitação profissional, exemplo do

Senai (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), ou as que possuem caráter de escola de ensino médio e profissionalizante, podem e devem utilizar um material que busca a formação ampliada do discente. Um material didático, que entrelaça o conteúdo teórico a ser aplicado em situações de vida e de trabalho, deve possibilitar o desenvolvimento de conhecimento a respeito da área de atuação.

O Senai, precursor da formação profissional, permite a preparação de alunos que atendam as necessidades advindas da industrialização crescente. Porém é despreocupado com o caráter de formação mais abrangente, que se faz necessária visto as mudanças constantes com a globalização e a possibilidade de surgimento de novas características dos postos de trabalho.

O ensino técnico desenvolvido concomitantemente com o ensino médio, tem uma importância muito grande, será o primeiro passo na vida profissional do estudante. Há uma disposição em aprender, tornando-se o ideal para desenvolver o ensino de Física, não de uma maneira convencional e sim de forma associada a uma profissão escolhida pelos alunos. Nesses cursos devem ser exploradas todas as condições de desenvolvimento intelectual do aluno, possibilitando a aprendizagem profissional, e também de disciplinas que o preparem para novos panoramas tecnológicos.

Dessa forma, a disciplina Física deve ser retratada como fator agregante de conhecimento ao discente. Deve ser trabalhada como uma disciplina que favorece o desenvolvimento tecnológico e que está atrelada a quase todas as áreas de trabalho. E que, em um curso de Mecânica, o uso da Física para explicar fenômenos deve ser amplamente difundido.

Em uma sala de aula, a abordagem da disciplina Física, ficaria mais interessante com a utilização de um conteúdo mais específico e correlacionado com a área de atuação dos alunos. A abordagem de conceitos clássicos, juntamente com as suas aplicações práticas, deverá despertar no aluno o interesse desejado, o que permitiria uma melhor fixação da matéria e indo ao encontro com o que é proposto pelo PCN.

O material técnico utilizado também pode ser desenvolvido fazendo referência a Física utilizada em determinado processo, de forma a integralizar as disciplinas.

A proposta apresentada procurou fazer essa integração e fazer referências entre o que acontece em uma fundição e a Física.

Fica claro que em um processo de fundição, outros conceitos podem ser abordados e não são citados aqui. O conteúdo que foi abordado constitui a parte inicial para aulas de

termologia. Em uma escola técnica é possível trabalhar todos os temas da Física e associá-los à prática aprendida pelo aluno em laboratórios de Mecânica. Pode-se estabelecer relações entre conceitos sobre o tema Calor e serem amplamente discutidos em processos de fundição, desde a construção do forno até a limpeza das peças fundidas. Tome-se como exemplo, o isolamento térmico do forno, onde se aplicam conceitos de temperatura, propagação, dilatação térmica, escalas de temperatura, materiais, entre outros possíveis de serem abordados.

Esse tipo de material também atende às necessidades de conhecimento Físico dos alunos que ingressam no ensino pós-médio, que podem ser oriundos das mais diversas escolas e cursos técnicos e que visam adquirir uma nova profissão. Portanto, há a possibilidade de alunos de uma escola em que cursou enfermagem, que só estudaram Física no 1º ano, entrem em um curso de Técnico em Mecânica deficiente em relação ao conteúdo da disciplina. Com um material formado de forma criteriosa e objetivando a interligação entre o conteúdo Técnico e a Física, pode-se suprir essa deficiência e dar sustentação teórica necessária ao acompanhamento do curso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALÇADA C.S.; SAMPAIO J. L. **Física Clássica Termologia**. São Paulo: Atual, 1998.
- CARDOSO, R E. **Física**. Brasília, 2004.
- CHADWICK C. B, ROJAS A. M. **Tecnologia Educacional e Desenvolvimento Curricular**. São Paulo: ABT, 1986.
- FERRARO, N. **Objetivo: Termologia e Eletrodinâmica**. Vol. 7. ed. Cered, 1996.
- FERREIRA, J. **Tecnologia da Fundação**. Lisboa: ed. Calouste Gulbenkian, 1999.
- FS –REVISTA FUNDIÇÃO E SERVIÇOS. Nº 120. São Paulo: ed. FS, 2005.
- FS –REVISTA FUNDIÇÃO E SERVIÇOS, Nº 133. São Paulo: ed. FS, 2005.
- FS –REVISTA FUNDIÇÃO E SERVIÇOS, Nº 156. São Paulo: ed. FS, 2005.
- FUKE L.F. et al. **Os Alicerces da Física**. São Paulo: ed. Saraiva, 1996.
- GRAF. **Física 2**. São Paulo: ed. da USP, 1998.
- INFRATEMP. Soluções para Processos Industriais. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.infratemp.com.br>>.
- LIMA L. **A Escola Secundária Moderna**. Petrópolis: ed. Vozes, 1973.
- MEC, SEMTEC. **PCN. Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC/ SEMTEC: Brasília, 1998.
- MEC, SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/ SEMTEC, 1999.
- MEC, SEMTEC. **PCNs<sup>+</sup>. Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC/ SEMTEC: Brasília, 2002.
- NETO, D. REVISTA DE ENSINO DE FÍSICA. **Sociedade Brasileira de Física**. Vol. 5, 1983.
- NETO, D. Formação geral ou Profissionalizante?. **Panorama Atual do Ensino Médio- Virtudes, Problemas e Sugestões**. Editora RIO, 2005.
- SALES, L. **Mecânica e Fundação**. Petrópolis: Vozes, 1977.

## ANEXO 1- Currículo da disciplina Produção Mecânica da ETJK

Metrologia : Unidades, Instrumentos de Medidas (Paquímetro, Micrômetro, Goniômetro e Escalas)

Ferramentas e Alavancas: Chaves de Fenda, Alicates, Chaves Combinadas, Escantilhão, Brocas (esquerdas e direitas), Ferramentas de Corte para Tornearia, Fresas, Alargadores, Rebolos.

Máquinas Operatrizes: Furadeira de Coluna, Furadeira de Bancada, Fresadora, Torno, Retífica Plana e Cilíndrica, Compressor, Injetora, Sopradora, Máquina de Molde.

Usinagem: Operações em Máquinas Operatrizes- furar, torneiar, fresar, retificar.

Testes Mecânicos: Resistência Mecânica, Dureza dos materiais.

Tratamento Térmicos: Cementação, Têmpera, Revenimento.

Fundição: Moldagem( areia crua, Shell, CO<sub>2</sub>), Fornos (a óleo, a gás, elétrico), Fundição de Metais( Gravidade, Pressão e Coquilha), Acabamento de Peças Fundidas (Rebarbação e jatos de granalha de vidro e aço).